Geological Survey of Canada
Paper 88-21

A STANDARDIZED COAL RESOURCE/RESERVE REPORTING SYSTEM FOR CANADA

J.D. Hughes,
L. Klatzel-Mudry
D.J. Nikols

1989

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

89-05996/

© Minister of Supply and Services Canada 1989

Available in Canada through

authorized bookstore agents and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

and from

Geological Survey of Canada offices:

601 Booth Street
Ottawa, Canada K1A 0E8

3303-33rd Street N.W
Calgary, Alberta T2L 2A7

100 West Pender Street
Vancouver, British Columbia V6B 1R8

A deposit copy of this publication is also available
for reference in public libraries across Canada

Cat. No. M44-88/21
ISBN 0-660-54824-0

Critical readers

G.G. Smith

Scientific editor

N.C. Ollerenshaw

Authors' addresses

J.D. Hughes
Geological Survey of Canada
3303-33rd St. N.W.
Calgary, Alberta, T2L 2A7

L. Klatzel Mudry
Coal Association of Canada
#502, 205-9th Ave. S.E.
Calgary, Alberta, T2G 0R3

D. J. Nikols
Coal Association of Canada
May be contacted at:
Alberta Research Council
7th Floor
Terrace Plaza
4445 Calgary Trail South
Edmonton, Alberta, T6H 5X2

Original manuscript submitted: 03-03-88
Approved for publication: 03-03-88

CONTENTS

1 Abstract/Résumé
2 Introduction
2 General considerations
4 General criteria
4 Geology type
4 Low
4 Low - Type A
4 Low - Type B
5 Low - Type C
5 Moderate
5 Complex
5 Severe
5 Deposit type
6 Quantification parameters
6 Data point
6 Seam thickness
6 Areal extent
6 Coal bulk density
7 Resource/Reserve criteria
7 Resource criteria
7 Feasibility of exploitation
9 Assurance of existence
9 Reserve criteria
15 Proposed tabular reporting format
15 Conclusions
15 Acknowledgments
15 References
17 Appendix - Classification of coal by rank

Figures

3 1. Generalized path for coal quantity categorization from demonstrated presence of coal to application of Resource/Reserve criteria.
8 2. Schematic diagram illustrating the relationship of resources and reserves to total coal.
14 3. Proposed tabular reporting format for coal quantity information.

Tables

7 1. In situ bulk densities (g/cm^3) for volume-weight conversion by coal rank and ash content (from Smith, in press).
10 2. Criteria for determining in-place seam thickness, for reserves and for resources in the immediate-interest category of exploitation feasibility for various geology and deposit types.
11 3. Criteria for determining seam thickness, for resources in the future-interest category of exploitation feasibility for various geology and deposit types.
12 4. Maximum depths from surface (in metres) and incremental ratios for categorizing resources by exploitation feasibility and geology and deposit types.
13 5. Criteria used to define assurance of existence for deposits of various geology types.

A STANDARDIZED COAL RESOURCE/RESERVE REPORTING SYSTEM FOR CANADA

Abstract

This report discusses definitions, concepts and parameters used to determine coal resource and reserve quantities, and provides a framework to facilitate consistent categorization of coal quantities found within various depositional and tectonic regimes in Canada.

Coal deposits, or portions thereof, are first categorized in terms of their geological complexity (Geology Type), and probable recovery method (Deposit Type). Methods for determining quantification parameters including seam thickness, areal extent and bulk density are outlined for each geology/deposit category. Within each geology/deposit category, coal resources are further divided, based on their assurance of existence, into measured, indicated, inferred and speculative subdivisions and, according to their feasibility of exploitation, into immediate and future interest subdivisions. Coal reserves within each geology/deposit category are subdivided according to whether they are within or outside active mining areas, and may be reported on inplace, recoverable and saleable bases.

A wide cross-section of the coal industry in Canada contributed to the development of this reporting system. To ensure that the parameters and concepts expressed in the system continue to reflect technological and economic realities in the future, the Coal Association of Canada has established a committee to facilitate periodic reviews.

Résumé

Le présent document expose les définitions, concepts et paramètres de la méthode proposée pour l'évaluation des ressources et des réserves. De plus, il facilite l'uniformisation des évaluations, compte tenu de la grande variété des milieux de dépôt et des cadres tectoniques qui caractérisent les gisements canadiens.

Les gisements de charbon ou les parties de gisements sont d'abord classés selon la complexité géologique (contexte géologique) et la méthode d'extraction envisagée (type de gisement) puis les paramètres de quantification, soit l'épaisseur de la couche, son étendue et la masse volumique apparente du charbon, sont déterminés en tenant compte de divers critères. Les ressources en charbon sont subdivisées, selon leur probabilité d'existence, en ressources mesurées, indiquées, déduites et hypothétiques et, selon leur exploitabilité, en ressources d'intérêt immédiat et futur. Quant aux réserves, elles sont dites en place, récupérables ou commercialisables selon qu'elles se trouvent à proximité ou non de sites en cours d'exploitation. Il est à noter que l'application des étapes susmentionnées doit tenir compte de tous les types de contextes géologiques et de gisements.

Un grand nombre d'intervenants de l'industrie canadienne du charbon ont été consultés lors de l'élaboration de la méthode d'évaluation proposée ici. L'Association charbonnière canadienne a mis sur pied un comité dont le rôle consiste à assurer une révision périodique des paramètres et concepts de la méthode, afin qu'elle s'adapte aux changements dans les techniques d'exploitation et les conditions économiques.

INTRODUCTION

Information on quantities of available coal in categories defined by given technological, end utilization and other characteristics is fundamental to planning decisions made by many private and public sector groups. Methods used to determine and categorize coal quantities by these groups are, however, highly variable, reflecting in part the diverse geological conditions within which Canada's coal deposits are found, and also the lack of a universally accepted standard for resource and reserve reporting. Although these individual quantity estimates often meet the needs of the groups that generated them, they are a source of confusion when aggregated for larger coal-bearing areas, as it is uncertain how quantities determined using one set of criteria relate to those determined using another. In order that the most objective assessments possible of the relative technological and economic merits within and between coal deposits can be made, it is essential that resource quantities reported for the same area by different workers are consistent. The standardized reporting format outlined in this report is intended to provide a framework that will maximize the consistency of resource and reserve quantity estimates reported for coal deposits in Canada, and hence minimize the present large measure of uncertainty associated with resource and reserve quantities reported for individual coal deposits, larger coal-bearing areas, and for Canada as a whole.

This report represents an attempt to unify resource and reserve classification criteria for Canada through a consensus of private and public sector groups represented by members of the Coal Association of Canada and various government agencies. The impetus for the development of these standards came from a Committee on Resources and Reserves formed by the Coal Association of Canada in 1980. Although it is based on an earlier reporting system described by Bielenstein et al., in 1979, the classification system outlined herein incorporates the recommendations of many other individuals and groups. It is intended as a framework within which the specific values of criteria used to differentiate resource/reserve classes will be subject to periodic review and refinement, in order that they may optimally reflect prevailing technology and economic conditions.

GENERAL CONSIDERATIONS

Assuming the existence of coal in an area has been proven at several locations (data points), the tonnage of coal present in that area can be determined by estimating the thickness, areal extent and bulk density of the coal seam from the available data points. Implicit in this process is an understanding of the definitions of *coal, data point* and *seam thickness*, and of methods for interpolation/ extrapolation of thickness and bulk density information over the estimated areal extent of the seam. In practice, the widely variable geological complexity of Canadian coal deposits has necessitated the use of several definitions and methods for quantity estimation in the past, and the facility to differentiate based on geological complexity is, therefore, critical to a useful classification scheme. Similarly, the probable extraction method has also influenced the definition of critical resource parameters; seam thickness for underground mineable coal is, for example, defined to recognize the practical limitations of this mining technique, which are different to those for surface mining. The degree of geological complexity, herein termed GEOLOGY TYPE, and the probable extraction technique for a deposit, herein termed DEPOSIT TYPE, are general criteria in the proposed classification system that must be established before the appropriate definitions for the parameters used to quantify the resource can be determined. Within an individual mine property, coal prospect or exploration lease, variable degrees of geological complexity and other physical limitations may be encountered, requiring that individual portions of the area be classified within different geology/deposit categories. Further, new knowledge gained through the acquisition of additional data during the course of exploration may require changes in the geology/deposit categories over time. The interpretation of technical and geological data to determine appropriate geology/deposit categories may be subjective in some cases and, therefore, must be undertaken by qualified geologists and/or mining engineers.

After the appropriate definitions and methods for a given GEOLOGY/DEPOSIT type are established, resource/reserve criteria can be applied to classify coal quantities. Two primary classes, termed RESOURCES and RESERVES, are defined (see pages 7 and 9) which reflect the level of knowledge on which these quantity estimates are based. Criteria within these primary classes address three factors: the feasibility of exploitation with existing technology; the assurance of existence based on number and distribution of data points; and, in the case of reserves, the recoverable portion based on anticipated mining and preparation techniques.

Figure 1 illustrates the process of categorization in general terms from the demonstration of the presence of coal to the application of resource/reserve criteria.

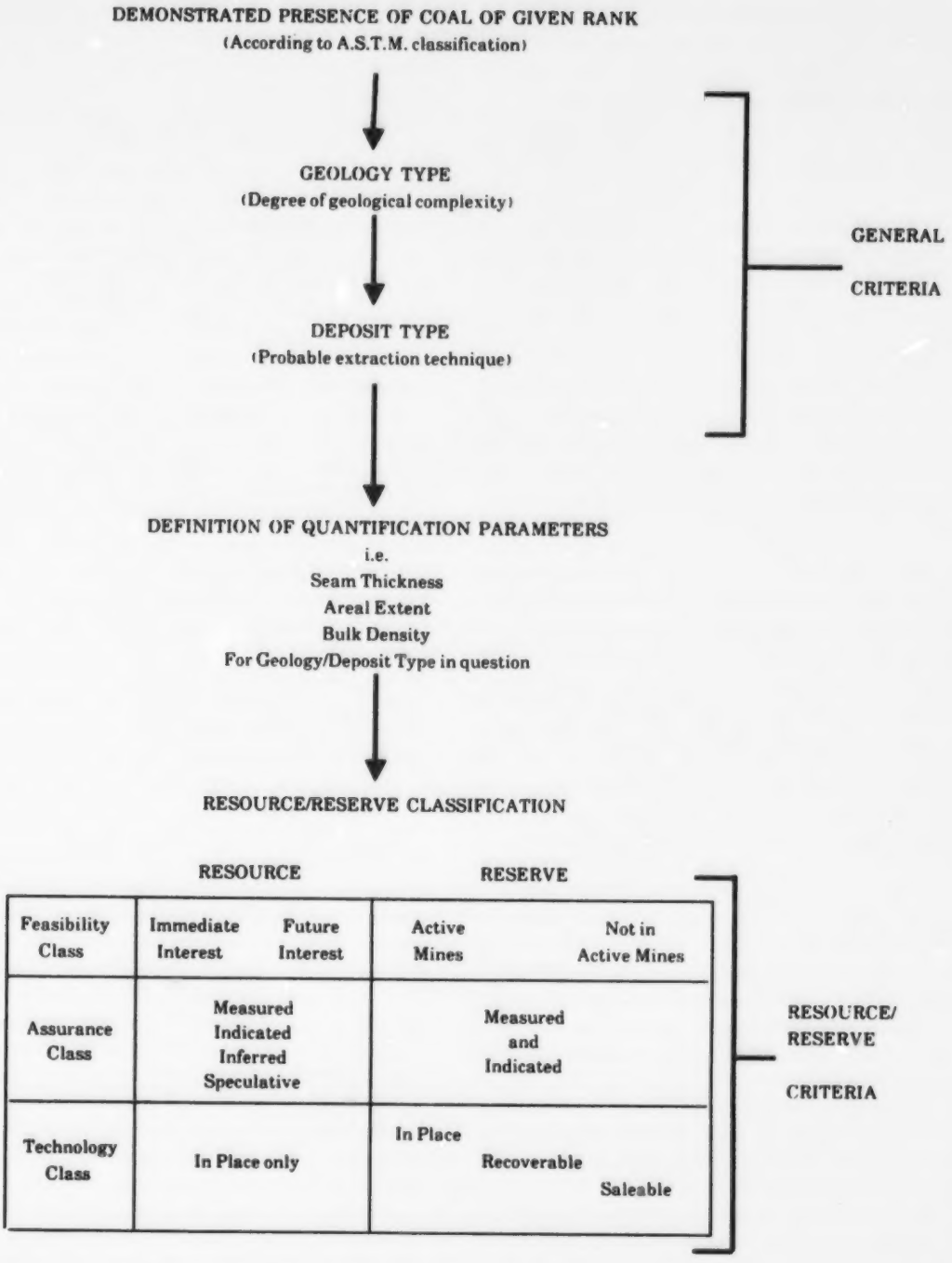

Figure 1. Generalized path for coal quantity categorization from demonstrated presence of coal to application of Resource/Reserve criteria.

The following discussion addresses specific definitions and methods for applying the general and resource/reserve criteria, and for determining the parameters to be used for quantitative assessment.

GENERAL CRITERIA

Coal is defined as a combustible sedimentary rock in which organic matter, including residual moisture (as defined by A.S.T.M. procedure 3180-84), comprises more than 50% by weight and more than 70% by volume of carbonaceous material formed from altered plant remains. It consists of organic compounds that have undergone compaction, diagenesis and chemical alteration since the time they were originally deposited as vegetal matter (after A.S.T.M., 1986; Schopf, 1956). The degree to which these coalification processes have acted on the original vegetal material is defined by rank (a standard of measurement of rank has been established by the American Society for Testing of Materials, see Appendix). It is recommended that the A.S.T.M. rank class should always form part of any report documenting coal quantity.

If the presence of coal has been established within an area, general criteria that must be determined include the degree of geological complexity of the deposit, or GEOLOGY TYPE, and the probable extraction technique, or DEPOSIT TYPE. Proposed classes of geology and deposit types are outlined below.

Geology type

Four categories of geology type are proposed to address differences in the complexity of seam geometry within deposits. These differences may result both from sedimentary processes at the time of coal deposition and from subsequent deformation, which may have folded and faulted the coal measures. Primary categories are termed **low**, **moderate**, **complex**, and **severe**. The low category is further subdivided into three subdivisions, termed A, B, and C, based on the sedimentologically controlled complexity of seam geometry. General definitions of these categories with suggested example deposits are outlined below.

Low

Deposits in the low category are relatively unaffected by tectonic deformation. Coal seams are flat-lying to very gently dipping (0-5°), and are generally unfaulted, although small-displacement normal faults and compaction related faults may occur. Coal deposits east of the disturbed belt in the Plains of Alberta and Saskatchewan, and in the Sydney Coalfield of Nova Scotia are included in this category. Differences in the overall character of seam geometries associated with certain coal-bearing units in these areas have, however, long been recognized by coal explorationists. Three subdivisions of the low category are proposed to address these differences.

Low - Type A

This subdivision contains the least complex coal deposits in the low category, and is based on characteristics of the Harbour and Phalen seams in the Morien Group of the Sydney Coalfield of Nova Scotia. Mining operations and other exploration over the past century indicate these seams are very continuous laterally, relative to seams in other coal-forming environments. Data from borehole intersections or outcrops spaced several kilometres apart can be correlated with confidence. Deposits belonging to this subdivision are unknown outside the Sydney Coalfield at present.

Low - Type B

This subdivision is based on the characteristics of the Ardley Coal Zone in the Scollard Formation of the Alberta Plains. Coal seams greater than three metres in thickness are not uncommon and, although numerous thin partings may be present, coal zones commonly display greater lateral continuities and more uniform seam profiles than in zones such as the lower Horseshoe Canyon Formation of the western Plains (Richardson et al., 1988). Seams intersected in boreholes spaced two or more kilometres apart can be correlated with some confidence, although in certain areas, because of proximity to paleo-river channels and other features, correlations over these distances will be uncertain. The lateral variability in thickness of coal zones in this category can, to a certain extent, be quantitatively expressed using semi-variograms of thickness data from intensely explored deposits within the Ardley Coal Zone. These semi-variograms are commonly anisotropic, with greatest continuity in the direction of paleoflow (Hughes, in progress). The ranges of these semi-variograms are 6 to 8 kilometres parallel to paleoflow and 3 to 5 kilometres at right angles to the paleoflow direction. Some coal deposits within the Saunders Group of western Alberta, and seams other than the Harbour and Phalen in the Morien Group of the Sydney Coalfield of Nova Scotia, are included in this subdivision

Low - Type C

This subdivision comprises the highest level of complexity in the low category, and is based on the characteristics of seams in the Lower Horseshoe Canyon Formation of the Alberta Plains. Coal seams rarely exceed three metres in thickness and are characterized by a relatively high degree of seam splitting and lateral variation in thickness (Rahmani, 1981; Hughes, 1984; McCabe et al., in press). Correlations between boreholes spaced more than one or two kilometres apart are uncertain. Semi-variograms of thickness data from intensely explored areas within the Lower Horseshoe Canyon Formation are commonly anisotropic, with greatest continuity in the direction of paleoflow during deposition of the coal seams (Hughes, in progress). The ranges of these semi-variograms are typically about 3 to 4 kilometres parallel to paleoflow, and 2 to 3 kilometres at right angles to paleoflow. Coal deposits in the Ravenscrag Formation of southern Saskatchewan and seams in the upper Belly River Group (Judith River Formation) of southern Alberta are also included in this subdivision of the low category. Other types of deposits, such as the intermontane coalfields of central British Columbia, should be included in this subdivision unless there is adequate statistical evidence that they belong in a less complex subdivision, or their degree of deformation requires classification in the moderate or complex categories.

Moderate

Deposits in this category have been affected to some extent by tectonic deformation. They are characterized by homoclines or broad open folds (wavelength greater than 1.5 km) with bedding inclinations of generally less than 30°. Faults may be present, but are relatively uncommon and generally have displacements of less than ten metres. Deposits in this category would include many of the outer Foothills coalfields in western Alberta, such as Obed-Marsh, McLeod River, Ram River and some deposits farther west in the Front Ranges of the Rocky Mountains, such as the Bullmoose deposit of northeastern British Columbia.

Complex

Deposits in this category have been subjected to relatively high levels of tectonic deformation. Tight folds, some with steeply inclined or overturned limbs, may be present, and offsets by faults are common. Individual fault-bounded plates do, however, generally retain normal stratigraphic sequences, and seam thicknesses have only rarely been substantially modified from their pre-deformational thickness. Most of the coal deposits in the inner Foothills and Front Ranges of western Alberta and British Columbia are included in this category. Examples include parts of the Harmer and Fording River deposits of southeastern British Columbia, parts of the Grassy Mountain deposit of southwestern Alberta, and parts of the Smoky River Coalfield and Gregg River deposits of west-central Alberta.

Severe

Deposits in this category have been subjected to extreme levels of tectonic deformation. Tight folds, steeply inclined and overturned beds and large displacement faults are common. The stratigraphic succession between faults may be difficult to ascertain owing to the level of deformation, and coal seams are commonly structurally thickened and thinned from their pre-deformational thicknesses. Exploration of these deposits follows an "ore-body" approach, rather than more conventional strategies commonly applied to stratified sequences. The Byron Creek deposit of southeastern British Columbia, and parts of the Grassy Mountain deposit of southwestern Alberta are examples of severe category deposits.

Deposit type

Deposit type refers to the probable extraction method that would be used to recover coal, as the mining method in many instances dictates the manner of calculating quantification parameters such as seam thickness. Four categories are proposed and are designated surface, underground, non-conventional, and sterilized. Surface mineable deposits are those that would be extracted by removal of overburden from the surface using truck/shovel, dragline or other mining techniques. Underground mineable deposits would be extracted utilizing room-and-pillar, shortwall, longwall or hydraulic techniques from surface drivages. Non-conventional deposits are those too deep, or which are otherwise unsuitable for conventional surface or underground extraction, that would have to be recovered by in situ gasification or other techniques. Sterilized coal deposits are those unavailable for mining due to legislative, environmental or other restrictions.

QUANTIFICATION PARAMETERS

In order to calculate resource volumes in a deposit, the seam thickness over its areal extent must be determined. To convert these volumes to tonnages, the bulk density of the coal must be known. Methods used to define these basic quantification parameters may vary with geology type and/or deposit type. The following definitions are proposed for the determination of these parameters.

Data point

For the determination of seam thickness, a data point constitutes a surface outcrop at which the roof and floor of the seam are exposed and true thickness can be determined or estimated, a subsurface borehole intersection where the seam is completely penetrated, or observations from underground workings where a seam is completely exposed.

For the determination of areal extent, surface and subsurface observations where only a part of the seam is exposed or penetrated are also defined as valid data points, provided that correct seam identification can be adequately demonstrated. In some cases, other stratigraphic markers may provide information on seam geometry where the seam itself is not exposed. Similarly, indirect observation methods, such as seismic profiling, or other geophysical techniques for determination of subcrop edges, may also be utilized for the determination of areal extent, provided that seam identification and the resolution of the technique can be adequately demonstrated. In areas where seams intersect the present erosion surface, the availability of an accurate topographic map is also of fundamental importance in determining areal extent.

Seam thickness

Coal seams are seldom homogenous units with clearly defined tops and bottoms. More commonly, they comprise layers or plies with discrete characteristics, separated by rock partings of variable thickness. The thickness of rock partings or coal beds that can be included in the determination of seam thickness depends on the extraction method that will be used and on the geology type of the deposit. Three parameters are proposed for the determination of seam thickness. These are: the **maximum rock parting thickness** that can be included in the seam thickness calculation (i.e., partings that are likely to be mined with the coal); the **minimum coal bed thickness** that can be included when separated from the main seam by a rock parting greater than the maximum rock parting thickness; and the **coal/rock parting ratio**, which is the ratio of aggregate coal thickness to aggregate removable rock parting thickness. Proposed values for these parameters, by geology type and deposit type and by feasibility of exploitation, are given in a following section.

Areal extent

The method of determining the areal extent of a coal seam utilizing available exploration data is dependent on geology type.

In deposits in the low and moderate categories, coal seam configuration may be determined utilizing contour maps of seam elevation generated by direct interpolation/extrapolation from available data. In complex and severe category deposits, available data alone are rarely adequate to satisfactorily determine seam configuration, and considerable geological interpretation is therefore required. A principal tool in this interpretation process is the geological cross-section, and it is proposed that cross-sections be the primary basis for evaluating areal extent and assurance of existence in 'complex' and 'severe category' deposits.

The positions of seam subcrops in near surface deposits and of seam pinchouts or truncations in the subsurface are critical to the determination of areal extent. Subcrop determination is commonly performed by intersecting a map of seam elevation (based on geological cross-sections and/or interpolation/extrapolation directly from available data) with a map of the topographic surface or the elevation of the top of the bedrock surface. Geophysical methods may be used to refine subcrop positions derived by this approach. The determination of pinchouts, truncations or fault boundaries is primarily a matter of geological interpretation.

Coal bulk density

Conversion of coal volumes to weight requires knowledge of the bulk density of the coal. Bulk density is a function of the inherent specific gravities of the coal (including empty pores) and included non-coal material (ash), and of the fluid-filled porosity within the coal (Smith, in press). Coal density and fluid-filled pore volume are also related to coal rank (see Appendix for A.S.T.M. rank classifications), and measurements of bulk density in coals of various ranks have been used to determine relationships between bulk density and ash content. As measurements of bulk density are

relatively sparse or nonexistent for many coal deposits, it is necessary in most cases to assume a constant value for bulk density, determined from knowledge of the coal rank and average ash content. In the absence of more detailed information, it is suggested that the bulk densities noted in Table 1 be used for volume to weight conversion.

Table 1

In situ bulk density (g/cm^3) for volume-weight conversion by coal rank and ash content (from Smith, in press)

Assumed Wt. % Ash (Dry Basis)	General Rank Class			
	Low-Med. volatile bituminous	High Volatile bituminous	Sub-bituminous	Lignite
5	1.36	1.33	1.28	1.24
10	1.40	1.37	1.31	1.26
15	1.44	1.41	1.34	1.29
20	1.48	1.45	1.38	1.32
25	1.53	1.49	1.42	1.36
30	1.57	1.54	1.46	1.39
35	1.62	1.58	1.50	1.44
40	1.68	1.64	1.55	1.48
45	1.73	1.69	1.60	1.53
50	1.80	1.75	1.66	1.58

RESOURCE/RESERVE CRITERIA

Having determined the geology type and deposit type, appropriate resource and reserve criteria can be applied for classification of coal tonnage estimates. A coal resource, for the purposes of this report, is coal contained in seams occurring within specified limits of thickness, and depth from surface. A resource tonnage is always calculated on an 'in place' basis; that is, mining or other recovery factors are not applied. A reserve is that portion of the resource which is anticipated to be mineable under prevailing technological and economic conditions, based on the completion of a feasibility study, and which has no legal impediments to mining. Mining and plant recovery factors are applied to certain classes of reserves. Resources and reserves are not mutually exclusive, although they are often reported separately (Fig. 2).

The following section outlines proposed parameters and suggested parameter values for classifying resources and reserves given specific geology types and deposit types.

Resource criteria

Coal resources are subdivided according to their general "feasibility of exploitation" into resources of immediate and future interest and, according to their "assurance of existence" (i.e., degree of confidence in the quantity estimates), into **measured, indicated, inferred** and **speculative** categories.

Feasibility of exploitation

Resources of immediate interest are contained in coal seams that, because of favorable combinations of thickness, depth, quality and location, are considered to be of immediate interest for possible exploitation (Bielenstein et al., 1979). Although these seams have characteristics similar in general to those being exploited with current mining technology at existing mines, they have not been subjected to the mining feasibility studies required to classify them as reserves. Resources of future interest are contained in seams that, because of less favorable combinations of thickness, depth, quality and location, are not of immediate interest for possible exploitation, but which may become of interest in the foreseeable future with some changes in economic factors and/or production technologies.

Classification of resources into **immediate interest** and **future interest** categories is based primarily on seam thickness and depth from surface or, for certain deposit types, overburden to coal ratios. Location may also be used to categorize resources, which may otherwise meet immediate interest criteria, as of future interest, when these resources are remote from required infrastructure and/or markets (e.g., Tertiary deposits on Ellesmere Island). Coal quality has also indirectly been used to set depth and thickness parameters, as deposits within specific geology type categories tend to have broadly similar quality characteristics. The method of determining these parameters is dependent on the geology type and deposit type under consideration. Although immediate and future interest resources are defined for all categories of geology type, only surface and underground deposit types can be categorized as of immediate interest, and sterilized resources are not considered in either category. Proposed values for criteria used to determine feasibility of exploitation categories are given in Tables 2, 3, and 4.

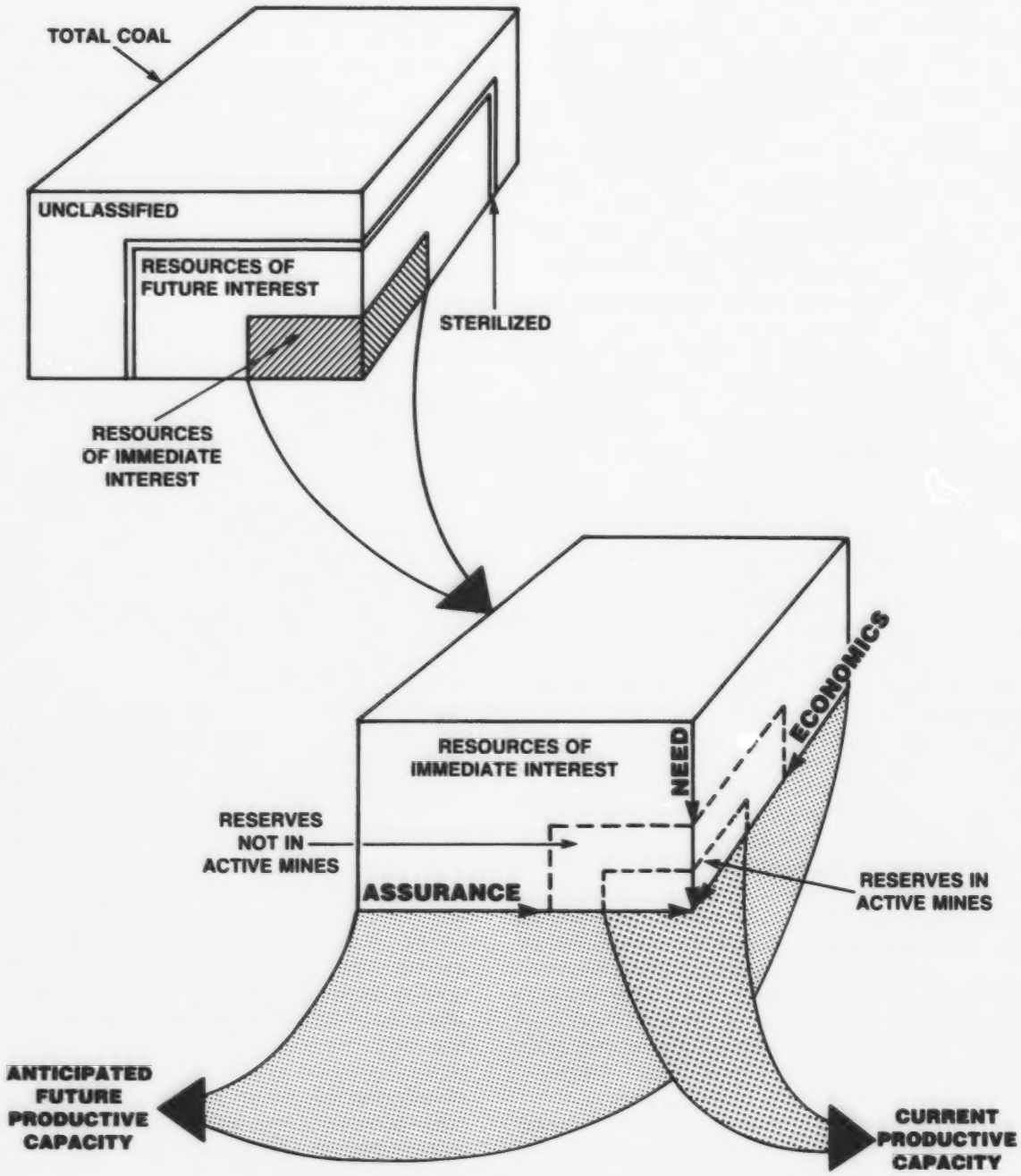

Figure 2. Schematic diagram illlustrating the relationship of resources and reserves to total coal.

Assurance of existence

Assurance-of-existence categories are intended to reflect the level of certainty with which resource quantities are known. Intuitively, one knows that the greater the distance over which seam thickness data are extrapolated, the greater the possible error; hence, several resource classification schemes have used distance from nearest data point or distance between data points as the primary criteria for assurance-of-existence categorization (e.g. Bielenstein et al., 1979; Wood et al., 1983). The level of uncertainty can also be expressed quantitatively utilizing geostatistical techniques (e.g. Journel and Huijbregts, 1978; Clark, 1979) based on an analysis of seam thickness variability, utilizing semi-variograms and kriging. The geostatistical approach provides an estimation variance that could replace distance from nearest control point as the primary criterion for assurance-of-existence categorization. In practice, however, the application of geostatistical techniques requires the availability of fairly large datasets (more than 50 data points) to adequately determine the semi-variogram structure, assumes the availability of both computing resources and some expertise in the application of the methods, and requires standardization of other parameters, such as the size of blocks used to compute estimation variance. Further, because the determination of semi-variogram models from a dataset is a somewhat interpretive process, estimation variances produced from the same dataset by different workers may be different, which would result in different resource categorizations if this were the sole criterion for assurance-of-existence categorization.

For these reasons, it is proposed that distance from nearest data point remain the primary method for assurance of existence categorization in the low and moderate geology type deposits. Distance limits used to define assurance-of-existence categories have, however, been selected so that the level of uncertainty represented by each category in different geological environments is in general the same, based on a geostatistical analysis by one of the authors (Hughes, in progress). This represents a compromise between a purely arbitrary distance from nearest control point criterion and the geostatistical approach, which recognizes the uniqueness in thickness variability characteristics of each individual coal seam.

In the complex and severe geology type deposits, it is proposed that assurance of existence be based on the availability of data points along lines of section oriented perpendicular to strike, as cross-sections form the primary means of geological interpretation for these deposits. A minimum number of data points is required for a line to be defined as a cross-section. The spacing between cross-sections along the strike of a deposit and the mean spacing of data points along each line of section are the primary criteria utilized for categorization. Data points should not be projected onto the plane of section from farther than one half of the distance between sections and, similarly, the influence of a section in the calculation of coal quantities should not extend beyond one half of the section spacing.

Four categories are used to define assurance of existence. In order of increasing uncertainty, these categories are: measured, indicated, inferred, and speculative. Measured resources have a high degree, indicated a moderate degree, and inferred resources a relatively low degree of geological assurance. Speculative resources are those based on extrapolation of few data points over large distances, and are confined to regions where extensive coal exploration has not yet taken place. Although the precise levels of uncertainty of these categories have not been calculated, geological experience with Canadian coal deposits suggests that measured resource quantities are known within about 10 per cent, indicated within about 20 per cent, and inferred within about 50 per cent. Specific values for criteria used to differentiate these categories for various geology types are given in Table 5.

Reserve criteria

Reserves are coal quantities that are anticipated to be mineable, based on the completion of feasibility studies, utilizing existing technology, under prevailing economic conditions, and which have no legal impediments to mining. Reserve quantities would in all cases meet immediate interest feasibility criteria (Table 2) and measured and/or indicated assurance-of-existence criteria (Table 5). Two primary categories of reserves are proposed. These are reserves within active mines and reserves not within the boundaries of active mining areas. Coal quantities within these primary categories are further subdivided into coal in mineable seams (in place), recoverable coal, and saleable coal. These subdivisions are not mutually exclusive, that is, recoverable coal is a portion of the coal in mineable seams, and saleable coal is a portion of recoverable coal.

Coal in mineable seams refers to the in-place reserve base with no recovery factors applied. Recoverable coal refers to that portion of the coal in mineable seams that can be recovered with the mining techniques considered in the feasibility study. In a surface mining scenario, for example, recoverable coal

Table 2

Criteria for determining seam thickness for reserves in the future interest category of exploitation feasibility for various geology and deposit types

Deposit Type	Seam Thickness Criteria	Geology Type			
		Low	Moderate	Complex	Severe
SURFACE	Maximum rock parting thickness included (m)	0.15	0.30	0.60	1.0
	Minimum coal bed thickness included (m)	0.6*	0.6	0.6	1.0
	Minimum aggregate seam thickness (m)	0.6*	0.6	1.0	3.0
	Coal/rock thickness ratio	-	-	-	2.0 or greater
UNDERGROUND	Maximum rock parting thickness included (m)	0.3	0.3	0.3	-
	Minimum coal bed thickness included (m)	0.6	0.6	1.0	-
	Minimum aggregate seam thickness (m)	1.5	1.5	2.0	-
	Coal/rock thickness ratio	2.0 or greater	2.0 or greater	2.0 or greater	-

*0.4 metres in Minto Coalfield of New Brunswick, based on current mining practice.

Table 3

Criteria for determining in-place seam thickness for reserves in the future interest category of exploitation feasibility for various geology and deposit types

Deposit Type	Seam Thickness Criteria	Geology Type			
		Low	Moderate	Complex	Severe
SURFACE	Maximum rock parting thickness (m)	0.15	0.3	0.60	1.0
	Minimum coal bed thickness (m)	0.45	0.45	0.6	0.75
	Minimum aggregate seam thickness (m)	0.5	0.5	1.0	1.5
	Coal/rock thickness ratio	-	-	-	1.5 or greater
UNDERGROUND	Maximum rock parting thickness (m)	0.5	0.5	0.5	0.5
	Minimum coal bed thickness (m)	0.45	0.45	0.6	0.75
	Minimum aggregate seam thickness (m)	1.0	1.0	1.0	1.5
	Coal/rock thickness ratio	1.5 or greater	1.5 or greater	1.5 or greater	2.0 or greater

Table 4

Maximum depths from surface (in metres) and incremental ratios("bank" cubic metres/tonne) for categorizing resources by exploitation feasibility and geology and deposit types

Feasibility of Exploitation Category	Deposit Type	Geology Type			
		Low	Moderate	Complex	Severe
Immediate Interest	SURFACE	13:1*	20:1*	20:1*	15.1*
Immediate Interest	UNDERGROUND (western Plains)	300	300	300	-
Immediate Interest	UNDERGROUND (foothills/mountains of Western Canada)	600	600	600	-
Immediate Interest	UNDERGROUND (Maritimes)	1200	600	600	-
Future Interest	SURFACE	20:1*	25.1*	25.1*	25.1*
Future Interest	UNDERGROUND (western Plains)	600	600	-	-
Future Interest	UNDERGROUND (foothills/mountains of Western Canada)	900	900	900	-
Future Interest	UNDERGROUND (Maritimes)	1500	1500	-	-
Future Interest	NON-CONVENTIONAL	1500	1500	1500	1500

*This is an incremental or cutoff ratio. That is, it is the ratio of overburden volume (cubic metres) divided by in-place coal tonnage (tonnes) for the highest ratio increment included in the resource estimate. Overall ratios would normally be considerably lower than these values.

Note: Certain surface mines with small annual productions in the Minto Coalfield of New Brunswick and the Sydney Coalfield of Nova Scotia may exceed these ratios because of local economic conditions.

Table 5

Criteria used to define assurance of existence for deposits of various geology types

Geology Type	Criteria	Assurance-of-Existence Category		
		Measured	Indicated	Inferred
Low - Type A	Distance from nearest data point (m)	0-800	800-1600	1600-4800
Low - Type B	Distance from nearest data point (m)	0-600	600-1200	1200-3600
Low - Type C	Distance from nearest data point (m)	0-450	450-900	900-2400
Moderate	Distance from nearest data point (m)	0-450	450-900	900-2400
Complex	Cross-section spacing (m)	150	300	600
	Minimum number of data points per section	3	3	3
	Mean data point spacing along section (m)	100	200	400
	Maximum data point spacing along section (m)	200	400	800
Severe	Cross-section spacing (m)	75	150	300
	Minimum number of data points per section	5	5	5
	Mean data point spacing along section (m)	50	100	200
	Maximum data point spacing along section (m)	100	200	400

Geology Type_____

RESOURCES

Deposit Type	ASTM Coal Rank	Resources of Immediate Interest			Resources of Future Interest			
		Measured	Indicated	Inferred	Measured	Indicated	Inferred	Speculative
Surface								
Under-ground								
Non-con-ventional		There are no non-conventional resources of immediate interest						
Sterilized		There are no sterilized resources of immediate or future interest, although quantities may be computed using criteria for these categories						

RESERVES

Deposit Type	ASTM Coal Rank	Reserves in Active Mines**			Reserves Not in Active Mines**		
		In Place*	Recoverable	Saleable	In Place*	Recoverable	Saleable
Surface							
Under-ground							

*In place refers to coal in minesble seams (see text).

** Reserve quantities must meet immediate-interest feasibility criteria and measured and/or indicated assurance-of-existence criteria

Figure 3. Proposed tabular reporting format for coal quantity information.

would exclude mining losses from the top and bottom of the seam and adjacent to removable internal rock partings, as well as allowances for surface facilities, spoil piles, etc., under which mining would not be conducted. In an underground mining scenario, recoverable coal would exclude pillars left for supports or barriers and other mining losses. Saleable coal is coal that meets acceptable product specifications; it may be coal that has been cleaned in a preparation plant to predetermined quality specifications, or raw coal that is ready to be used without beneficiation. Saleable coal is the quantity of coal that can be delivered to the point of use, and includes all losses in preparation and shipping.

PROPOSED TABULAR REPORTING FORMAT

The authors recognize that although the proposed classification system outlined herein attempts to address differences between deposits in terms of geological complexity and potential mining methods, the establishment of, for example, four categories of geological complexity does not fully address the infinite range of complexities found in nature, and that at some point the categorization becomes somewhat arbitrary. Considerable additional information exists for most coal deposits which may provide useful additional ways of subdividing resources.

One possible tabular reporting format for summarizing coal resource and reserve estimates, which incorporates the categories outlined in this report, is presented in Figure 3. The table illustrated is for quantities only, and makes no allowances for other background information which must first be used to determine the geology type and deposit type.

CONCLUSIONS

The resource and reserve reporting system outlined herein is intended as a framework that can be utilized by private and government agencies involved with the assessment of coal quantities in Canada. Its use has been adopted by the Geological Survey of Canada and its acceptance by industry and other government agencies would allow a higher level of standardization and hence confidence in coal quantities reported, both for individual coalfields and for the country as a whole. Although the criteria utilized to differentiate categories of resources and reserves in the system have been established through consultation with many individuals and groups, they are not viewed as static. Periodic review of the criteria will be necessary in future to ensure they adequately reflect technological and economic realities of the time. In order to implement this review process, the Coal Association of Canada has established a Standing Committee on Resources and Reserves, which will meet periodically to assess these criteria.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge the efforts and suggestions of the many individuals who contributed to this report. These include members of the Coal Association of Canada's Resources and Reserves Committee who served over its eight-year duration, and participants in the Resources and Reserves Seminar held by the Committee in November, 1986, at which many divergent views on this subject were expressed. The authors are particularly grateful to the following individuals who provided critiques of a first draft of the manuscript: R.J.H. Richardson, Alberta Research Council; W.E. Kilby, B.C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources; A. Romaniuk, Canada Centre for Mineral and Energy Technology; B. McKinstry and H.G. Rushton, Crows Nest Resources Ltd.; A. Darragh, Energy, Mines and Resources Canada; R. Marsh, R.G. Paterson, and R. Ventor, Energy Resources Conservation Board; K.A. Komenac and C.J. McKenny, Fording Coal Ltd.; A. Desbarats and G.G. Smith, Geological Survey of Canada; P.S.W. Graham, Manalta Coal Ltd.; I.R. Muirhead, Monenco Consultants Ltd.; and D.J. MacNeil, Nova Scotia Department of Mines and Energy. Although many of the suggestions and comments of these individuals have been incorporated in this manuscript, resulting in a considerable improvement over the earlier draft, some aspects of this subject remain controversial and hence all views could not be represented in one document. The authors, therefore, accept full responsibility for the contents of this report.

REFERENCES

American Society for Testing of Materials

1986: Annual book of A.S.T.M. standards; part 26 - Gaseous fuels, coal and coke; American Society for Testing of Materials, Philadelphia, 565 p.

Bielenstein, H.U., Chrismas, L.P., Latour, B.A., and Tibbetts, T.E.
1979: Coal resources and reserves of Canada; Energy, Mines and Resources, Report ER79-9, Minister of Supply and Services, Ottawa, Canada, 37 p.

Clark, I.
1979: Practical Geostatistics; Applied Science Publishers, London, 129 p.

Hughes, J.D.
1984: Geology and depositional setting of the Late Cretaceous, upper Bearpaw and lower Horseshoe Canyon formations in the Dodds-Round Hill Coalfield of central Alberta – a computer-based study of closely-spaced exploration data; Geological Survey of Canada, Bulletin 361, 81p.

Journel, A.G. and Huijbregts, Ch. J.
1978: Mining Geostatistics; Academic Press, New York, 600 p.

McCabe, P.J., Strobl, R.S., MacDonald, D.E., Nurkowski, J.R., and Bosman, A.
in press: An evaluation of the coal resources of the Horseshoe Canyon Formation and laterally equivalent strata; Alberta Research Council, Open File.

Rahmani, R.A.
1981: Facies relationships and paleoenvironments of a Late Cretaceous tide-dominated delta, Drumheller, Alberta. In Field guide to geology and mineral deposits; GAC-MAC annual meeting, Calgary, May 1981, p. 159-176.

Richardson, R.J.H., Strobl, R.S., MacDonald, D.E., Nurkowski, J.R., McCabe, P.J., and Bosman, A.
1988: An evaluation of the coal resources of the Ardley coal zone, to a depth of 400 m, in the Alberta plains area; Alberta Research Council, Open File Report 1988-02.

Schopf, J.M.
1956: A definition of coal; Economic Geology, v. 51, no. 6, p. 521-527.

Smith, G.G.
in press: Theoretical estimations of in situ bulk density of coal, Canadian Institute of Mining, Bulletin.

Wood, G.H. Jr., Kehn, T.M., Carter, M.D. and Culbertson, W.C.
1983: Coal resource classification system of the U.S. Geological Survey; U.S. Geological Survey Circular 891, 65 p.

APPENDIX

Classification of Coal by Rank (from A.S.T.M., 1986)

Class	Group	Fixed Carbon Limits Per cent (dry, mineral-matter free basis)		Volatile Matter Limits Per Cent (dry, mineral-matter-free basis)		Gross Calorific Value Limits. MJ/Kg (moist[A], mineral-matter free basis)		Agglomerating Character
		Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
I Anthracitic	1. Meta-anthracite	98	-	-	2	-	-	non-agglomerating
	2. Anthracite	92	98	2	8	-	-	
	3. Semianthracite[B]	86	92	8	14	-	-	
II Bituminous	1. Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	-	-	commonly agglomerating[D]
	2. Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	-	-	
	3. High volatile A bituminous coal	-	69	31	-	32.56[C]	-	
	4. High volatile B bituminous coal	-	-	-	-	30.24[C]	32.56	
	5. High volatile C bituminous coal	-	-	-	-	26.75	30.24	
						24.42	26.75	agglomerating
III Subbituminous	1. Subbituminous A coal	-	-	-	-	24.42	26.75	non-agglomerating
	2. Subbituminous B coal	-	-	-	-	22.10	24.42	
	3. Subbituminous C coal	-	-	-	-	19.30	22.10	
IV Lignitic	1. Lignite A	-	-	-	-	14.65	19.30	
	2. Lignite B	-	-	-	-	-	14.65	

[A]Moist refers to coal containing its natural inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.

[B]If agglomerating, classify in the low volatile group of the bituminous class.

[C]Coals having 69% or more fixed carbon on the dry, mineral-matter free basis, shall be classified according to fixed carbon, regardless of gross calorific value.

[D]It is recognized that there may be non-agglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in the high volatile C bituminous group.

Commission géologique du Canada
Étude 88-21

MÉTHODE D'ÉVALUATION NORMALISÉE DES RESSOURCES ET DES RÉSERVES CANADIENNES DE CHARBON

J.D. Hughes,
L. Klatzel-Mudry
D.J. Nikols

1989

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés et autres librairies

ou par la poste au

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

et aussi aux:

Bureaux de la Commission géologique du Canada,

601, rue Booth,
Ottawa, K1A 0E8

3303-33rd Street N.W.,
Calgary (Alberta) T2L 2A7

100, rue Pender ouest
Vancouver (Colombie-Britannique) V6B 1R8

Un exemplaire en consignation de la présente publication
est également disponible dans les bibliothèques publiques
à travers le Canada.

N° de catalogue M44-88/21
ISBN-0-660-54824-0

Critique

G.G. Smith

Révision scientifique de la version anglaise

N.C. Ollerenshaw

Adresse des auteurs

J.D. Hughes
Commission géologique du Canada
3303, 33e Rue N.O.
Calgary (Alberta) T2L 2A7

L. Klatzel Mudry
Association charbonnière
canadienne
205, 9e Ave. S.E., bureau 502
Calgary (Alberta)

D. J. Nikols
Association charbonnière
canadienne
Veuiller communiquer avec le :
Research Council of Alberta
7e étage
Terrace Plaza
4445, Calgary Trail South
Edmonton (Alberta) T6H 5X2

Manuscrit original reçu le 3 mars 1988
Approbation de la version définitive donnée le 3 mars 1988

Table des matières

1 Résumé/Abstract
2 Introduction
2 Considérations d'ordre général
3 Caractéristiques d'ordre général
3 Contexte géologique
3 Simple
3 Simple - Type A
5 Simple - Type B
5 Simple - Type C
5 Moyennement complexe
5 Complexe
6 Très complexe
6 Types de gisements
6 Paramètres de quantification
6 Points d'observation
6 Épaisseur de la couche
7 Étendue
7 Masse volumique apparente du charbon
7 Critères d'évaluation des ressources et des réserves
9 Critères d'évaluation des ressources
9 Exploitabilité
9 Probabilité d'existence des ressources
10 Critères d'évaluation des réserves
16 Tableau proposé pour l'inscription des données
16 Conclusion
16 Remerciements
16 Bibliographie
18 Annexe - Classification du charbon par rang

Figures

4 1. Organigramme des étapes de la classification du charbon, de la présence reconnue de charbon à l'application des critères d'évaluation des ressources et des réserves
8 2. Schéma des relations entre le charbon total, les ressources et les réserves
15 3. Tableau proposé pour l'inscription des données sur la quantité de charbon

Tableaux

7 1. Masses volumiques apparentes des ressources en place (g/cm^3) pour la conversion du volume en poids, selon le rang du charbon et sa teneur en cendres (d'après Smith, sous presse)
11 2. Critères de détermination de l'épaisseur en place des ressources en charbon d'intérêt immédiat, selon le contexte géologique et le type de gisement
12 3. Critères de détermination de l'épaisseur des ressources en charbon d'intérêt futur, selon le contexte géologique et le type de gisement
13 4. Classification des ressources en fonction de l'exploitabilité, du contexte géologique et du type de gisement, selon la profondeur maximale (en mètres) et les rapports incrémentiels
14 5. Critères de détermination de la probabilité d'existence des gisements, selon différents contextes géologiques

MÉTHODE D'ÉVALUATION NORMALISÉE DES RESSOURCES ET DES RÉSERVES CANADIENNES DE CHARBON

Résumé

Le présent document expose les définitions, concepts et paramètres de la méthode proposée pour l'évaluation des ressources et des réserves. De plus, il facilite l'uniformisation des évaluations, compte tenu de la grande variété des milieux de dépôt et des cadres tectoniques qui caractérisent les gisements canadiens.

Les gisements de charbon ou les parties de gisements sont d'abord classés selon la complexité géologique (contexte géologique) et la méthode d'extraction envisagée (type de gisement) puis les paramètres de quantification, soit l'épaisseur de la couche, son étendue et la masse volumique apparente du charbon, sont déterminés en tenant compte de divers critères. Les ressources en charbon sont subdivisées, selon leur probabilité d'existence, en ressources mesurées, indiquées, déduites et hypothétiques et, selon leur exploitabilité, en ressources d'intérêt immédiat et futur. Quant aux réserves, elles sont dites en place, récupérables ou commercialisables selon qu'elles se trouvent à proximité ou non de sites en cours d'exploitation. Il est à noter que l'application des étapes susmentionnées doit tenir compte de tous les types de contextes géologiques et de gisements.

Un grand nombre d'intervenants de l'industrie canadienne du charbon ont été consultés lors de l'élaboration de la méthode d'évaluation proposée ici. L'Association charbonnière canadienne a mis sur pied un comité dont le rôle consiste à assurer une révision périodique des paramètres et concepts de la méthode, afin qu'elle s'adapte aux changements dans les techniques d'exploitation et les conditions économiques.

Abstract

This report discusses definitions, concepts and parameters used to determine coal resource and reserve quantities, and provides a framework to facilitate consistent categorization of coal quantities found within various depositional and tectonic regimes in Canada.

Coal deposits, or portions thereof, are first categorized in terms of their geological complexity (Geology Type), and probable recovery method (Deposit Type). Methods for determining quantification parameters including seam thickness, areal extent and bulk density are outlined for each geology/deposit category. Within each geology/deposit category, coal resources are further divided, based on their assurance of existence, into measured, indicated, inferred and speculative subdivisions, and according to their feasibility of exploitation, into immediate and future interest subdivisions. Coal reserves within each geology/deposit category are subdivided according to whether they are within or outside active mining areas, and may be reported on inplace, recoverable and saleable bases.

A wide cross-section of the coal industry in Canada contributed to the development of this reporting system. To ensure that the parameters and concepts expressed in the system continue to reflect technological and economic realities in the future, the Coal Association of Canada has established a committee to facilitate periodic reviews.

INTRODUCTION

Des renseignements sur les quantités de charbon disponible dans différentes catégories, établies selon l'utilisation prévue, les critères technologiques et d'autres considérations, sont essentiels aux décisions prises par les sociétés privées et publiques dans le domaine de la planification. Cependant, les méthodes utilisées par ces organismes pour la détermination et la classification des quantités de charbon comportent beaucoup de différences, en raison de la grande diversité des conditions géologiques qui caractérisent les gisements de charbon au Canada et de l'absence d'une méthode normalisée d'évaluation des ressources et des réserves. Bien que les quantités évaluées individuellement selon les méthodes d'un organisme en particulier répondent aux besoins de ce dernier, ces méthodes sèment la confusion lorsqu'elles sont rassemblées afin d'évaluer les ressources de régions plus vastes, en raison de l'impossibilité de faire des parallèles entre des évaluations ne se basant pas sur les mêmes critères. Afin qu'il soit possible de comparer les évaluations d'un ou plusieurs gisements, tant du point de vue technique qu'économique, il est primordial qu'il y ait une consistance entre les différentes évaluations d'une même région. Le tableau pour l'inscription des données proposé dans ce rapport a pour but de fournir un modèle visant l'uniformisation maximale des rapports d'évaluation des ressources et des réserves des gisements du Canada. Ainsi, il sera possible de minimiser la grande incertitude associée aux évaluations de ressources et de réserves produites autant pour des gisements individuels que pour de grandes régions charbonnières ou pour le Canada dans son ensemble.

Le présent rapport constitue une tentative d'uniformisation de la classification des ressources et des réserves de charbon au Canada et fait suite à un consensus entre les secteurs privé et public, représentés respectivement par des membres de l'Association charbonnière canadienne et de divers organismes d'État. L'impulsion première qui a mené à la production du présent document est venue de la création par l'Association charbonnière canadienne, en 1980, d'un Comité des ressources et des réserves. Bien que le présent document dérive d'un rapport publié par Bielenstein et al. en 1979, la classification proposée ici tient compte des recommandations formulées par de nombreux autres intervenants. Elle représente un contexte global dans le cadre duquel les critères utilisés pour différencier les catégories de ressources et de réserves seront révisés et améliorés périodiquement pour refléter le plus fidèlement possible les changements techniques et les fluctuations de l'économie.

CONSIDÉRATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL

Dans une région, si du charbon a été découvert à plusieurs endroits, le tonnage des ressources peut être estimé à l'aide de l'épaisseur, de l'étendue et de la masse volumique apparente de la couche de charbon aux différents points d'observation. Pour ce faire, il faut bien comprendre la signification des termes *charbon*, *point d'observation* et *épaisseur de la couche*, de même que les méthodes d'interpolation et d'extrapolation de l'épaisseur et de la masse volumique apparente sur l'étendue présumée de la couche. Dans le passé, les contextes géologiques de complexité variable qui caractérisent les gisements de charbon du Canada ont engendré le besoin d'avoir plusieurs définitions et méthodes appliquées à l'évaluation des ressources. Ainsi, pour qu'une classification soit pertinente, elle doit être fondée sur le degré de complexité géologique. De même, la méthode d'extraction envisagée a également joué un rôle dans la détermination des paramètres essentiels à l'évaluation des ressources. Par exemple, dans le cas d'une mine souterraine, il est important de connaître l'épaisseur de la couche afin d'évaluer les limites de cette méthode d'exploitation qui sont différentes de celles d'une mine à ciel ouvert. Dans le présent document, le CONTEXTE GÉOLOGIQUE correspond au degré de complexité géologique du gisement et le TYPE DE GISEMENT, à la méthode d'extraction envisagée. Ces deux variables doivent être déterminées avant la définition des différents paramètres de quantification des ressources. Dans le cas d'une concession minière, d'un site d'intérêt ou d'un périmètre d'exploration, il est possible qu'il existe différents degrés de complexité géologique et d'autres contraintes physiques. Ainsi, afin de bien décrire la région en question, il peut être nécessaire de classer ses différentes parties dans plus d'un type de complexité géologique ou de gisement. De plus, à mesure que l'exploration progresse, les nouvelles données acquises peuvent amener des changements dans le type de complexité géologique et de gisement. L'interprétation des données techniques et géologiques permettant de déterminer le type de complexité géologique et de gisement peut, dans certains cas, être teintée de subjectivité; cette étape doit donc être effectuée par des géologues qualifiés ou des ingénieurs miniers.

Une fois que les paramètres et les méthodes ayant trait à un CONTEXTE GÉOLOGIQUE et à un TYPE DE GISEMENT donnés sont bien établis, les critères d'évaluation des ressources et des réserves sont appliqués à la détermination de la quantité de charbon. Il faut d'abord définir les deux classes principales, à savoir, les RESSOURCES et les RÉSERVES (voir pages 7 et 12). Elles reflètent le degré de certitude sur lequel se fonde l'évaluation. Ces deux grandes classes se divisent en trois sous-classes : l'exploitabilité, qui dépend des techniques existantes; la probabilité d'existence, qui est fonction du nombre et de la répartition des points d'observation; et finalement, pour les réserves, le charbon récupérable en tenant compte des méthodes d'exploitation et de préparation envisagées.

La figure 1 montre les grandes étapes de la classification du charbon, de la présence reconnue de charbon à l'application des critères d'évaluation des ressources et des réserves. Le présent document porte sur les définitions des différentes variables et les méthodes nécessaires à l'application des critères généraux et des critères de classification des ressources et des réserves, ainsi que sur la détermination de la valeur des paramètres qui serviront à l'évaluation quantitative.

CARACTÉRISTIQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

Le charbon est une roche sédimentaire combustible dont la matière carbonée représente plus de 50 % en poids et plus de 70 % en volume de la matière organique, humidité résiduelle incluse (selon la norme 3180-84 de l'ASTM). Le charbon se compose de matière organique qui, après son dépôt sous forme de débris végétaux, a été soumise à la compaction, la diagenèse et l'altération chimique (d'après l'ASTM, 1986; Schopf, 1956). Le degré de houillification des débris végétaux est donné par le rang du charbon. La classification des charbons a été normalisée par l'*American Society for Testing of Materials* (voir annexe) et elle devrait toujours accompagner tout document contenant des informations sur l'évaluation des quantités de charbon.

Si la présence de charbon est reconnue dans une région, les caractéristiques qui devraient être déterminées comprennent le degré de complexité géologique, ou CONTEXTE GÉOLOGIQUE, et la méthode d'extraction envisagée, ou TYPE DE GISEMENT. Les différents types de complexité géologique et de gisement sont décrits dans les prochains paragraphes.

Contexte géologique

Nous proposons quatre types de complexité géologique qui correspondent au degré de complexité de la configuration géométrique d'une couche. La complexité peut être le reflet, soit des processus sédimentaires au moment du dépôt, soit d'une déformation postérieure qui aurait plissé et faillé la couche de charbon. Les quatre types de complexité géologique sont les suivants : **simple, moyennement complexe, complexe** et **très complexe**. La catégorie simple se subdivise en trois types; ce sont les types A, B et C qui permettent d'estimer l'importance des facteurs sédimentaires dans la configuration de la couche. Une définition de ces différentes catégories accompagnée d'exemples est donnée ci-dessous.

Simple

Les gisements de la catégorie simple n'ont presque pas subi de déformation tectonique. Le pendage des couches de charbon est faible (0 à 5 degrés), et généralement, les couches ne sont pas faillées. Il est quand même possible qu'il existe des failles normales à déplacement faible et des failles résultant de la compaction. Les gisements houillers à l'est de la zone déformée des plaines de l'Alberta et de la Saskatchewan, de même que ceux de Sydney en Nouvelle-Écosse, sont des exemples de cette catégorie. Dans ces régions, les prospecteurs reconnaissent depuis longtemps que la configuration géométrique de certaines couches de charbon varie considérablement à l'intérieur d'une même unité. La subdivision de la présente catégorie en trois types permet d'illustrer ces variations.

Simple - Type A

La présente subdivision comprend les gisements les moins complexes de la catégorie simple et est représentée par les veines de Harbour et de Phalen du Groupe de Morien, qui font partie des gisements houillers de Sydney en Nouvelle-Écosse. Au cours du siècle dernier, l'exploitation des gisements et les campagnes d'exploration subséquentes ont indiqué que ces couches présentent une très grande continuité latérale par rapport aux couches d'autres environnements propices à la formation de charbon. Il est possible de faire avec certitude des corrélations entre les données provenant de trous de forage ou d'affleurements distants de plusieurs kilomètres. Pour le moment, les gisements houillers de Sydney sont les seuls exemples de ce contexte géologique.

PRÉSENCE RECONNUE DE CHARBON D'UNE CERTAINE CATÉGORIE
(selon les normes de l'ASTM)

↓

CONTEXTE GÉOLOGIQUE
(Degré de complexité de la géologie)

↓

TYPE DE GISEMENT
(Méthode d'extraction envisagée)

CRITÈRES D'ORDRE GÉNÉRAL

↓

DÉFINITION DES PARAMÈTRES DE QUANTIFICATION
SELON LE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET LE TYPE DE GISEMENT CONSIDÉRÉS
Épaisseur de la couche
Étendue
Masse volumique apparente

↓

CLASSIFICATION DES RESSOURCES ET DES RÉSERVES

	RESSOURCES		RÉSERVES	
Exploitabilité	D'intérêt immédiat	D'intérêt futur	Exploitées	Non exploitées
Probabilité d'existence	Mesurées Indiquées Déduites Hypothétiques		Mesurées et indiquées	
Techniques d'exploitation	En place seulement		En place Récupérables Commercialisables	

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES RESSOURCES ET DES RÉSERVES

Figure 1. Organigramme des étapes de la classification du charbon, de la présence reconnue de charbon à l'application des critères d'évaluation des ressources et des réserves.

Simple - Type B

La deuxième subdivision est représentée par la zone charbonnière d'Ardley, qui fait partie de la Formation de Scollard dans les plaines de l'Alberta. On y observe fréquemment des couches dont l'épaisseur dépasse trois mètres et, malgré l'abondance possible de minces intercalations stériles, les couches présentent une continuité latérale et une épaisseur plus uniforme que celles, notamment, de la partie inférieure de la Formation de Horseshoe Canyon des plaines de l'Ouest (Richardson et al., 1988). Des forages distants de deux kilomètres et plus permettent de corréler les couches avec un certain degré de certitude. Par contre, à certains endroits, il n'est pas possible de corréler les couches avec certitude sur une si grande distance en raison de la proximité de chenaux de paléorivières et d'autres éléments. Les variations latérales de l'épaisseur des couches de cette catégorie peuvent être exprimées quantitativement, avec plus ou moins de précision, à l'aide de semi-variogrammes construits à partir de l'épaisseur de gisements intensément explorés de la zone charbonnière d'Ardley. Les semi-variogrammes de cette zone sont généralement anisotropes et présentent une continuité maximale dans la direction du paléocourant (Hughes, en cours de rédaction). La portée des semi-variogrammes est de 6 à 8 kilomètres dans la direction du paléocourant et de 3 à 5 kilomètres perpendiculairement au paléocourant. Quelques gisements de charbon du Groupe de Saunders de l'ouest de l'Alberta et certaines couches du Groupe de Morien, à l'exclusion des couches Harbour et Phalen des gisements houillers de Sydney, font partie de cette subdivision.

Simple - Type C

Les gisements de la troisième subdivision sont les plus complexes de cette catégorie et les couches de la partie inférieure de la Formation de Horseshoe Canyon dans les plaines de l'Alberta en sont un exemple. L'épaisseur des couches de charbon est variable et ne dépasse généralement pas trois mètres. Les couches présentent des ramifications relativement fréquentes (Rahmani, 1981; Hughes, 1984; McCabe et al., sous presse). Des forages espacés de plus d'un ou deux kilomètres ne permettent pas de corréler les couches avec certitude. Généralement, les semi-variogrammes construits à partir de l'épaisseur des couches intensément explorées de la partie inférieure de la Formation de Horseshoe Canyon sont anisotropes et présentent une continuité maximale dans la direction du paléocourant au moment du dépôt des couches de charbon. La portée des semi-variogrammes est de 3 à 4 kilométres dans la direction du paléocourant et de 2 à 3 kilomètres perpendiculairement au paléocourant. La présente subdivision comprend également les gisements de la Formation de Ravenscrag dans le sud de la Saskatchewan et certaines couches de la partie supérieure du Groupe de Belly River (Formation de Judith River) dans le sud de l'Alberta. D'autres types de gisements, comme par exemple les gisements houillers intermontagneux du centre de la Colombie-Britannique, devraient faire partie de cette subdivision, à moins qu'il ne soit prouvé statistiquement qu'ils devraient être classés dans une catégorie moins complexe, ou au contraire, dans les catégories moyennement complexe ou complexe, d'après leur degré de déformation.

Moyennement complexe

Les gisements de la présente catégorie ont subi une déformation tectonique plus ou moins importante. Leurs caractéristiques sont les suivantes : structures monoclinales ou plis ouverts de longueur d'onde supérieure à 1,5 km et lits dont le pendage est généralement inférieur à 30 degrés. Les failles, qui sont plutôt rares, ont un rejet qui n'excède généralement pas 10 mètres. Dans la partie occidentale de l'Alberta, un grand nombre de gisements houillers de la partie extérieure des contreforts entrent dans cette catégorie, comme par exemple ceux d'Obed-Marsh, de McLeod River, de Ram River et quelques gisements plus à l'ouest dans le chaînon frontal des Rocheuses, notamment, le gisement de Bullmoose dans le nord-est de la Colombie-Britannique.

Complexe

Les gisements de la catégorie complexe ont subi une déformation tectonique relativement élevée. Les plis sont serrés et parfois déversés. Des déplacements dus aux failles sont courants. Cependant, les strates isolées par des failles ont normalement conservé l'ordre dans lequel elles ont été déposées, et l'épaisseur des couches est en général sensiblement la même après la déformation. La majorité des gisements de l'intérieur des contreforts et du chaînon frontal de l'ouest de l'Alberta et de la Colombie-Britannique entrent dans cette catégorie, comme par exemple, une partie des gisements de Harmer et de Fording River dans le sud-est de la Colombie-Britannique, le gisement de Grassy Mountain dans le sud-ouest de l'Alberta, et une partie des gisements houillers de Smoky River dans le centre ouest de l'Alberta.

Très complexe

Les gisements de la présente catégorie ont subi une déformation tectonique intense et sont caractérisés par des failles à rejet important et des plis serrés dont les lits sont déversés. En raison du degré de déformation, la stratigraphie des lits compris entre les failles est parfois difficile à reconstituer. Il arrive fréquemment que les couches n'aient plus leur épaisseur originale et qu'elles présentent un épaississement ou un amincissement structural. L'exploration de ces gisements se fait selon une démarche appliquée aux corps minéralisés et ne suit pas les étapes conventionnelles de l'exploration en milieu stratifié. Le gisement de Byron Creek et une partie des gisements houillers de Quintette, respectivement dans le sud-est et le nord-est de la Colombie- Britannique, sont des exemples de ce contexte géologique.

Types de gisements

Le type de gisement fait référence à la méthode d'extraction qui sera probablement utilisée pour récupérer le charbon, puisque la méthode d'exploitation, dans bien des cas, est le facteur déterminant la façon de calculer les paramètres de quantification, comme par exemple, l'épaisseur de la couche. Il existe des gisements de surface, souterrains, non conventionnels, et stériles. Les gisements de surface sont exploitables une fois que le mort-terrain a été enlevé à l'aide de pelles mécaniques et de camions, d'excavateurs à benne traînante et d'autres techniques. Les gisements souterrains sont exploités par l'une des quatre méthodes suivantes : l'exploitation par chambres et piliers, par tailles courtes, par tailles longues ou encore par abattage hydraulique à partir de galeries qui communiquent avec la surface. Les gisements non conventionnels sont ceux situés à une trop grande profondeur ou ceux pour lesquels les méthodes d'exploitation classiques de surface ou souterraines ne sont pas adéquates. La gazéification souterraine constitue une des méthodes d'exploitation de ce type de gisement. Finalement, les gisements stériles ne peuvent pas être exploités pour des raisons légales, environnementales ou autres.

PARAMÈTRES DE QUANTIFICATION

Pour être en mesure de calculer le volume de charbon d'un gisement, il faut connaître l'épaisseur de la couche sur toute son étendue. De même, pour convertir le volume de charbon en tonnes, il est nécessaire de connaître la masse volumique apparente du charbon. La façon de calculer les paramètres de quantification dépend des types de complexité géologique et de gisement. Les prochains paragraphes donnent la définition de ces paramètres.

POINTS D'OBSERVATION

Un point d'observation est un affleurement où l'on peut observer le toit et le mur d'une couche et où il est donc possible de déterminer ou d'estimer l'épaisseur réelle de la couche. L'intersection complète de la couche par un forage ou encore un endroit dans une mine souterraine où la couche est entièrement exposée peuvent également être considérés comme des points d'observation.

Les observations de surface ou souterraines où l'on ne voit la couche qu'en partie sont des points d'observation valides pour ce qui est de la détermination de l'étendue, à condition que la couche puisse être corrélée. Parfois, d'autres repères stratigraphiques peuvent fournir des renseignements sur la configuration géométrique de la couche à des endroits où elle n'est pas visible. Les méthodes d'observation indirecte, comme par exemple la prospection sismique ou d'autres méthodes géophysiques permettant de déterminer la forme d'un corps enfoui, peuvent également être utiles à l'évaluation de l'étendue d'une couche, à condition que la résolution de la technique soit reconnue et que la couche puisse être corrélée. Il est important de posséder une bonne carte topographique pour bien évaluer l'étendue de la couche à partir des endroits où elle affleure.

Épaisseur de la couche

Les couches homogènes de charbon où il est possible d'observer la base et le sommet de l'unité sont rares. Généralement, elles sont faites de bandes ou de minces couches superposées aux caractéristiques distinctes, séparées par des intercalations de roche d'épaisseur variable. Les intercalations de roche ou les lits de charbon qui peuvent entrer dans le calcul de l'épaisseur de la couche sont fonction de la méthode d'extraction envisagée et du contexte géologique du gisement. Nous proposons trois paramètres qui serviront au calcul de l'épaisseur de la couche. Ce sont **l'épaisseur maximale des intercalations de roche** pouvant entrer dans l'épaisseur de la couche, c'est-à-dire les intercalations qui peuvent être extraites en même temps que le charbon; **l'épaisseur minimale de charbon** pouvant entrer dans l'épaisseur de la couche, qui est l'épaisseur du lit séparé par une intercalation de roche dont l'épaisseur excède l'épaisseur maximale

des intercalations; et le **rapport entre l'épaisseur de charbon et celle des intercalations de roche**, qui est l'épaisseur totale de charbon sur l'épaisseur totale des intercalations extractibles. Les tableaux 2 et 3 donnent les valeurs de ces paramètres selon le contexte géologique, le type de gisement et l'exploitabilité.

Étendue

La façon de déterminer l'étendue d'une couche de charbon à l'aide des données acquises lors de l'exploration dépend du contexte géologique. Dans le cas des gisements des catégories simple et moyennement complexe, l'épaisseur d'une couche peut être déterminée grâce à une carte de courbes d'égale profondeur, établie à partir de l'interpolation ou de l'extrapolation des données disponibles. Dans celui des gisements des catégories complexe et très complexe, les données disponibles permettent rarement de bien visualiser la couche; une bonne interprétation de la géologie est donc nécessaire. La coupe stratigraphique constitue le meilleur moyen de bien déterminer les paramètres de la couche; il est donc conseillé qu'elle soit la première étape de l'évaluation de l'étendue d'une couche et de la probabilité d'existence de charbon.

Afin d'évaluer l'étendue d'une couche, il est important d'être en mesure de la suivre si elle affleure sous la surface et de savoir où se trouvent les biseaux ou les discontinuités. La forme d'un affleurement enfoui est souvent déterminée grâce à l'intersection des points d'une carte de la profondeur de la couche avec ceux d'une carte topographique ou d'une carte de la profondeur du socle. La carte de la profondeur de la couche se base, soit sur des coupes stratigraphiques, soit sur l'extrapolation ou l'interpolation des données disponibles. Les méthodes géophysiques peuvent compléter cette méthode en améliorant la précision du positionnement de l'affleurement enfoui. L'interprétation géologique permet d'identifier les biseaux, les discontinuités ou les failles qui délimitent une couche.

Masse volumique apparente du charbon

Il faut connaître la masse volumique apparente du charbon pour convertir les volumes de charbon en poids. La masse volumique apparente dépend de la densité inhérente du charbon (incluant les vides et les cendres) et de la teneur en fluide des pores (Smith, sous presse). La densité du charbon et le volume de fluide dans les pores sont également liés au rang du charbon (voir en annexe la classification des charbons par rang de l'ASTM). La détermination de la masse volumique apparente de charbons de différents rangs a permis de faire des liens entre la masse volumique apparente du charbon et la teneur en cendres. Comme la masse volumique apparente n'est mesurée que très rarement ou pas du tout dans le cas de nombreux gisements, il faut, la plupart du temps, assigner une valeur constante à la masse volumique apparente, calculée en fonction du rang du charbon et de la teneur moyenne en cendres. Le tableau 1 présente des valeurs de la masse volumique apparente qui, faute de renseignements plus précis, peuvent servir à la conversion du volume en poids.

Tableau 1

Masses volumiques apparentes des ressources en place (g/cm^3) pour la conversion du volume en poids, selon le rang du charbon et sa teneur en cendres (d'après Smith, sous presse)

Pourcentage du poids en cendres (à l'état sec)	Rang du charbon			
	Bitumineux peu volatil et moyennement volatil	Bitumineux très volatil	Subbitumineux	Lignite
5	1,36	1,33	1,28	1,24
10	1,40	1,37	1,31	1,26
15	1,44	1,41	1,34	1,29
20	1,48	1,45	1,38	1,32
25	1,53	1,49	1,42	1,36
30	1,57	1,54	1,46	1,39
35	1,62	1,58	1,50	1,44
40	1,68	1,64	1,55	1,48
45	1,73	1,69	1,60	1,53
50	1,80	1,75	1,66	1,58

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES RESSOURCES ET DES RÉSERVES

Une fois que le contexte géologique et le type de gisement sont connus, les critères d'évaluation des ressources et des réserves peuvent être appliqués afin d'estimer le tonnage du charbon. Pour les besoins du rapport, le terme «ressources en charbon» désigne une couche de charbon qui répond à des critères très précis d'épaisseur et de profondeur. Le calcul du tonnage des ressources se fait à partir du charbon en place, ce qui signifie que les facteurs d'extraction ou les autres facteurs de récupération ne sont pas considérés. Les

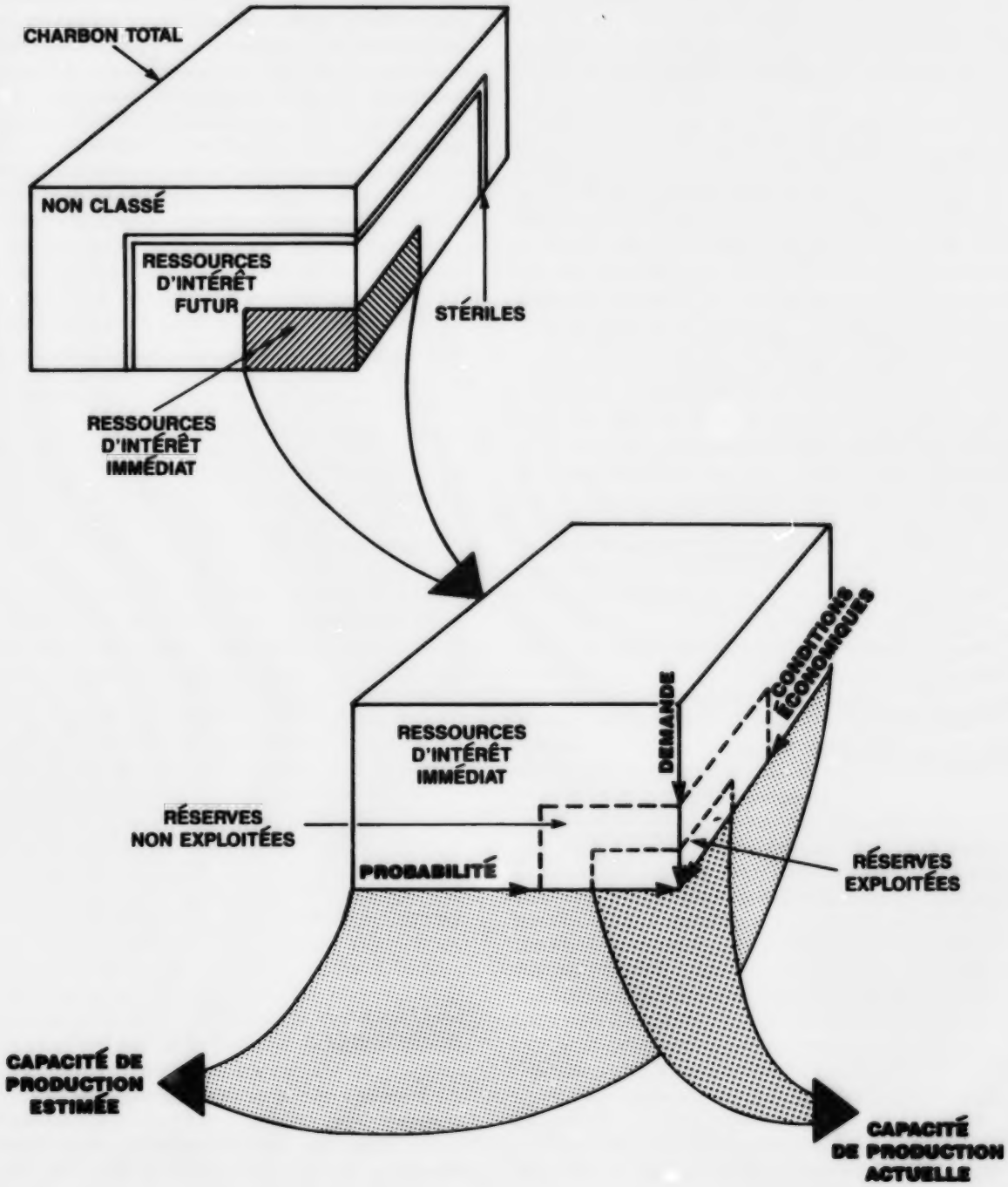

Figure 2. Schéma des relations entre le charbon total, les ressources et les réserves.

réserves sont les ressources qui, à la suite d'une étude de faisabilité, sont jugées exploitables, en tenant compte des techniques et des conditions économiques. Elles doivent également être légalement ouvertes à l'exploitation minière. Les facteurs d'extraction et de récupération sont considérés pour certains types de réserves. Les ressources et les réserves ne sont pas deux notions qui s'excluent mutuellement, bien qu'elles soient souvent évaluées séparément (Figure 2).

Dans les pages qui suivent, les paramètres à considérer dans la classification des ressources et des réserves sont présentés et estimés en fonction du contexte géologique et du type de gisement.

Critères d'évaluation des ressources

Selon son exploitabilité, le charbon se divise en ressources d'intérêt immédiat et d'intérêt futur. Selon la probabilité d'existence, c'est-à-dire la fiabilité de l'estimation de la quantité, on parle de ressources **mesurées, indiquées, déduites** et **hypothétiques**.

Exploitabilité

Les ressources d'intérêt immédiat proviennent d'une couche de charbon dont les caractéristiques (épaisseur, profondeur, qualité et emplacement) laissent présager une exploitation dans un avenir rapproché (Bielenstein et al., 1979). Ces couches, bien qu'elles possèdent des caractéristiques semblables à d'autres actuellement exploitées à l'aide des techniques courantes, n'ont pas fait l'objet d'études d'exploitabilité et ne peuvent pas être considérées comme des réserves. Les ressources d'intérêt futur proviennent d'une couche dont les caractéristiques (épaisseur, profondeur, qualité et emplacement) ne laissent pas présager une exploitation dans un avenir rapproché. Elles peuvent susciter un certain intérêt dans un avenir prévisible, selon les changements des conditions économiques ou les progrès techniques.

La classification des ressources dans les catégories **d'intérêt immédiat** et **d'intérêt futur** est principalement fondée sur l'épaisseur et la profondeur des couches ou, pour ce qui est de certains types de gisements, sur le rapport entre le mort-terrain et le charbon. L'emplacement peut également être utile à la classification des ressources, comme par exemple, dans le cas de ressources d'intérêt immédiat éloignées des infrastructures d'exploitation ou des marchés (par ex. : les gisements tertiaires de l'île d'Ellesmere) qui seront plutôt considérées comme des ressources d'intérêt futur. La qualité du charbon peut indirectement servir à déterminer la profondeur et l'épaisseur d'une couche exploitable puisque les gisements qui font partie d'un même contexte géologique possèdent généralement des caractéristiques qualitatives semblables. Le contexte géologique et le type de gisement jouent un rôle dans la façon de calculer la profondeur et l'épaisseur d'une couche exploitable. Bien que tous les types de contexte géologique fassent l'objet d'une évaluation des ressources d'intérêt immédiat et d'intérêt futur, seuls les gisements de surface et souterrains peuvent entrer dans la catégorie des ressources d'intérêt immédiat. Les ressources stériles n'entrent dans aucune de ces deux catégories. Les tableaux 2, 3 et 4 donnent les valeurs suggérées des paramètres servant à déterminer l'exploitabilité.

Probabilité d'existence des ressources

Les différentes catégories de probabilité d'existence des ressources visent à refléter le degré de certitude des estimations de charbon. Généralement, plus la distance sur laquelle l'épaisseur d'une couche a été extrapolée est grande, plus l'incertitude est élevée. Ainsi, selon plusieurs méthodes de classification des ressources, l'évaluation de la probabilité d'existence est fondée sur la distance du point d'observation le plus proche ou la distance entre deux points d'observation (Bielenstein et al., 1979; Wood et al., 1983). La géostatistique peut également servir à déterminer quantitativement le degré d'incertitude quant à l'existence des ressources (Journel et Huijbregts, 1978; Clark, 1979), en utilisant les semi-variogrammes et le krigeage afin d'analyser les variations d'épaisseur de la couche. La méthode géostatistique permet d'obtenir une variance d'estimation; cette dernière peut remplacer la distance du point d'observation le plus proche comme principal critère de détermination de la probabilité d'existence des ressources. Cependant, l'application de la méthode géostatistique requiert un répertoire de données assez vaste (au moins 50 points d'observation) afin de bien construire le semi-variogramme. Elle nécessite également l'accès à l'informatique, des compétences dans l'application de cette méthode, et finalement, la normalisation d'autres paramètres, comme par exemple, la dimension des blocs utilisés pour calculer la variance d'estimation. De plus, parce que la construction des semi-variogrammes à partir d'un répertoire de données est, dans une certaine mesure, une méthode interprétative, les variances d'estimation calculées à partir des mêmes données par différentes personnes peuvent ne pas coïncider. Ainsi, si la probabilité d'existence n'était déterminée qu'à partir de la variance, il serait possible de classer les mêmes ressources dans plus d'une catégorie.

En raison des contraintes de la méthode géostatistique, il est recommandé que la distance du point d'observation le plus proche demeure le principal critère de détermination de la probabilité d'existence des gisements classés dans les contextes géologiques simple et moyennement complexe. Les distances maximales acceptées dans les différentes catégories de probabilité d'existence ont été déterminées pour que le degré d'incertitude de chaque catégorie soit à peu près le même dans tous les types d'environnement géologique, selon une analyse géostatistique faite par un des auteurs (Hughes, en cours de rédaction). Cette démarche représente un compromis entre l'utilisation tout à fait arbitraire du point d'observation le plus proche et la méthode géostatistique qui permet de déterminer le caractère unique des variations d'épaisseur de chaque couche de charbon.

Dans le cas des contextes géologiques complexe et très complexe, où les coupes transversales représentent le principal moyen d'interpréter la géologie des gisements, il est suggéré que la probabilité d'existence se calcule à l'aide de données mesurées aux points d'observation, le long de lignes perpendiculaires à l'orientation du gisement. Pour qu'une ligne soit considérée comme une coupe transversale, un nombre minimal de données doit être disponible. Les premiers critères de détermination de la probabilité d'existence sont l'espacement des coupes transversales et la distance moyenne entre les points d'observation le long de chaque coupe. La projection des données d'un point d'observation sur une coupe doit se limiter à la moitié de la distance entre deux coupes. De même, une coupe transversale ne doit pas permettre d'extrapoler l'évaluation des quantités de charbon sur plus de la moitié de la distance entre deux coupes.

Il existe quatre catégories de probabilité d'existence des ressources qui, selon un ordre croissant d'incertitude, sont les suivantes : mesurées, indiquées, déduites et hypothétiques. La probabilité d'existence des ressources mesurées est forte tandis que celle des ressources indiquées est moyenne et celle des ressources déduites est faible. La classification dans la catégorie des ressources hypothétiques découle de l'extrapolation à grande échelle de quelques données. Cette catégorie de ressources est restreinte aux régions qui n'ont pas encore fait l'objet de travaux d'exploration importants. Les gisements de charbon au Canada comprennent 10 % de ressources mesurées, 20 % de ressources indiquées et 50 % de ressources déduites. Le tableau 5 présente les valeurs des critères considérés pour la classification des ressources dans ces différentes catégories selon le contexte géologique.

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES RÉSERVES

Les réserves de charbon sont les quantités de combustible qui, à la suite d'une étude de faisabilité, ont été jugées exploitables en tenant compte des techniques et des conditions économiques. Elles ne doivent faire l'objet d'aucune restriction légale à l'exploitation. Toutes les réserves auront d'abord été classées dans les ressources d'intérêt immédiat (Tableau 2) et doivent être considérées comme des ressources mesurées ou indiquées (Tableau 5). Deux principales catégories de réserves sont proposées. Il s'agit des réserves exploitées et des réserves non exploitées. Le charbon classé dans ces deux catégories se divise en charbon à l'intérieur de couches exploitables (en place), en charbon récupérable et en charbon commercialisable. Ces trois subdivisions sont reliées entre elles puisque le charbon commercialisable fait partie du charbon récupérable qui, à son tour, est une portion du charbon en place.

Les réserves en place se trouvent à l'intérieur de couches exploitables. On ne leur a pas assigné de facteur de récupération. La portion récupérable correspond au charbon des couches exploitables qui peut être récupéré à l'aide des méthodes d'exploitation prévues dans l'étude de faisabilité. Dans le cas d'une mine à ciel ouvert par exemple, la quantité de charbon récupérable serait calculée en tenant compte des pertes encourues lors de l'exploitation en bordure de la couche et de l'extraction des intercalations de roche, de même que des sommes allouées pour les installations de surface, les déblais, etc. Dans le cas d'une mine souterraine, la quantité de charbon récupérable ne comprend ni les piliers nécessaires au soutien, ni les piliers de protection et les autres pertes encourues lors de l'exploitation. Le charbon commercialisable est la portion qui répond aux exigences du marché et peut consister aussi bien en charbon qui a été nettoyé dans une usine de transformation pour répondre aux spécifications du produit ou en charbon brut prêt à être utilisé sans enrichissement préalable. Le charbon commercialisable est donc la quantité de combustible arrivée à destination en tenant compte des pertes encourues lors des étapes de préparation et d'expédition.

Tableau 2

Critères de détermination de l'épaisseur en place des ressources en charbon d'intérêt immédiat, selon le contexte géologique et le type de gisement

Type de gisement	Paramètres de l'épaisseur de la couche	Contexte géologique			
		Simple	Moyennement complexe	Complexe	Très complexe
DE SURFACE	Épaisseur maximale des intercalations (m)	0,15	0,30	0,60	1,0
	Épaisseur minimale de charbon (m)	0,6*	0,6	0,6	1,0
	Épaisseur totale minimale de la couche (m)	0,6*	0,6	1,3	3,0
	Rapport entre l'épaisseur de charbon et celle des intercalations	-	-	-	≥2,0
SOUTERRAIN	Épaisseur maximale des intercalations (m)	0,3	0,3	0,3	-
	Épaisseur minimale de charbon (m)	0,6	0,6	1,0	-
	Épaisseur totale minimale de la couche (m)	1,5	1,5	2,0	-
	Rapport entre l'épaisseur de charbon et celle des intercalations	≥2,0	≥2,0	≥2,0	-

*0,4 m dans les gisements houillers de Minto au Nouveau-Brunswick, en considérant les techniques actuelles d'exploitation

Tableau 3

Critères de détermination de l'épaisseur des ressources en charbon d'intérêt futur, selon le contexte géologique et le type de gisement

Type de gisement	Paramètres de l'épaisseur de la couche	Contexte géologique			
		Simple	Moyennement complexe	Complexe	Très complexe
DE SURFACE	Épaisseur maximale des intercalations (m)	0,15	0,3	0,60	1,0
	Épaisseur minimale de charbon (m)	0,45	0,45	0,6	0,75
	Épaisseur totale minimale de la couche (m)	0,5	0,5	1,0	1,5
	Rapport entre l'épaisseur de charbon et celle des intercalations	-	-	-	≥1,5
SOUTERRAIN	Épaisseur maximale des intercalations (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
	Épaisseur minimale de charbon (m)	0,45	0,45	0,6	0,75
	Épaisseur totale minimale de la couche (m)	1,0	1,0	1,0	1,5
	Rapport entre l'épaisseur de charbon et celle des intercalations	≥1,5	≥1,5	≥1,5	≥2,0

Tableau 4

Classification des ressources en fonction de l'exploitabilité, du contexte géologique et du type de gisement, selon la profondeur maximale (en mètres) et les rapports incrémentiels (en mètres cubes de mort-terrain/tonne de charbon)

Exploitabilité	Type de gisement	Contexte géologique			
		Simple	Moyennement complexe	Complexe	Très complexe
D' intérêt immédiat	DE SURFACE	13:1*	20:1*	20:1*	15:1*
D' intérêt immédiat	SOUTERRAIN (plaines de l'Ouest)	300	300	300	-
D' intérêt immédiat	SOUTERRAIN (contreforts et montagnes de l'Ouest canadien)	600	600	600	-
D' intérêt immédiat	SOUTERRAIN (Maritimes)	1200	600	600	-
D' intérêt futur	DE SURFACE	20:1	25:1*	25:1*	25:1*
D' intérêt futur	SOUTERRAIN (plaines de l'Ouest)	600	600	-	-
D' intérêt futur	SOUTERRAIN (contreforts et montagnes de l'Ouest canadien)	900	900	900	-
D' intérêt futur	SOUTERRAIN (Maritimes)	1500	1500	-	-
D' intérêt futur	NON CONVENTIONNEL	1500	1500	1500	1500

*Il s'agit ici d'un rapport incrémentiel ou d'un rapport de découvrement, c'est-à-dire du rapport entre le volume de mort-terrain (en mètres cubes) et le tonnage du charbon en place (en tonnes) correspondant au rapport incrémentiel maximal que comprend l'évaluation des ressources. Les rapports moyens sont normalement beaucoup moins élevés que les valeurs du présent tableau.

Note: Quelques mines de surface de faible production annuelle des gisements houillers de Minto au Nouveau-Brunswick et de ceux de Sydney en Nouvelle-Écosse ont un rapport plus élevé que ceux observés ici, en raison des conditions économiques locales.

Tableau 5

Critères de détermination de la probabilité d'existence des gisements, selon différents contextes géologiques

Contexte géologique	Critères	Probabilité d'existence des ressources		
		Mesurées	Indiquées	Déduites
Simple - Type A	Distance (m) du point d'observation le plus proche	0-800	800-1600	1600-4800
Simple - Type B	Distance (m) du point d'observation le plus proche	0-600	600-1200	1200-3600
Simple - Type C	Distance (m) du point d'observation le plus proche	0-450	450-900	900-2400
Moyennement complexe	Distance (m) du point d'observation le plus proche	0-450	450-900	900-2400
Complexe	Espacement des coupes (m)	150	300	600
	Minimum de données d'une coupe	3	3	3
	Distance moyenne (m) entre les données d'une coupe	100	200	400
	Distance maximale (m) entre les données d'une coupe	200	400	800
Très complexe	Espacement des coupes (m)	75	150	300
	Minimum de données d'une coupe	5	5	5
	Distance moyenne (m) entre les données d'une coupe	50	100	200
	Distance maximale (m) entre les données d'une coupe	100	200	400

Contexte géologique_____

RESSOURCES

Type de gisement	Rang du charbon selon l'ASTM	Ressources d'intérêt immédiat: Mesurées	Indiquées	Déduites	Ressources d'intérêt futur: Mesurées	Indiquées	Déduites	Hypothétiques
De surface								
Souterrain								
Nonconventionnel		Les ressources non conventionnelles d'intérêt immédiat n'existent pas						
Stérile		Les ressources stériles d'intérêt immédiat ou d'intérêt futur n'existent pas, bien qu'en appliquant les critères de ces catégories, il soit possible d'obtenir des tonnages						

RESERVES

Type de gisement	Rang du charbon selon l'ASTM	Réserves exploitées**: En place*	Récuperables	Commercialisables	Réserves non exploitées**: En place*	Récuperables	Commercialisables
De surface							
Souterrain							

*Le charbon en place est la quantité de charbon d'une couche exploitable (voir les explications dans le texte)

**Le tonnage des réserves doit répondre aux critères d'exploitation des gisements d'intérêt immédiat et aux critères de probabilité d'existence des quantités mesurées ou indiquées

Figure 3. Tableau proposé pour l'inscription des données sur la quantité de charbon.

TABLEAU PROPOSÉ POUR L'INSCRIPTION DES DONNÉES

Les auteurs reconnaissent que la classification proposée dans le présent document, bien qu'elle tente d'attribuer à chaque gisement un degré de complexité géologique et une méthode d'exploitation appropriés, n'en demeure pas moins arbitraire dans une certaine mesure. Par exemple, les quatre degrés de complexité géologique ne peuvent couvrir tout l'éventail des possibilités qui existent sur le terrain. Les renseignements additionnels figurant dans la description de la plupart des gisements de charbon pourraient servir à élaborer d'autres façons de subdiviser les ressources.

La figure 3 est un tableau proposé pour l'inscription des données relatives aux estimations des ressources et des réserves de charbon. Les catégories décrites dans le présent document ont servi de base à l'élaboration de ce tableau qui permet l'inscription des quantités estimées mais non celle des autres renseignements utilisés au préalable pour déterminer le type de géologie et le type de gisement.

CONCLUSION

La méthode de classification des ressources et des réserves qui fait l'objet du présent document s'adresse aux sociétés privées et publiques qui ont la tâche d'évaluer les quantités de charbon au Canada. Elle a été adoptée par la Commission géologique du Canada et, si l'industrie et les autres sociétés d'État emboîtent le pas, elle pourrait améliorer la normalisation et, par le fait même, la fiabilité des évaluations des quantités de charbon d'un groupe de gisements ou de l'ensemble du Canada. Les critères d'établissement des différentes catégories de ressources et de réserves résultent de consultations auprès de nombreuses personnes et organismes mais ne sont pas immuables. Les critères seront réévalués à intervalles réguliers afin qu'ils suivent les changements techniques et qu'ils respectent les conditions économiques. Cette mise à jour sera effectuée par le Comité permanent des ressources et des réserves formé par l'Association charbonnière canadienne.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier de leurs efforts et de leurs suggestions les nombreuses personnes qui ont participé à la réalisation de ce document. Celles-ci comprennent notamment les membres qui oeuvrent depuis huit ans au Comité permanent des ressources et des réserves, formé par l'Association charbonnière canadienne, et les participants au séminaire sur les ressources et les réserves, organisé par le Comité et tenu en novembre 1986, où différents points de vue au sujet de la classification du charbon ont été exposés. Les auteurs tiennent à remercier plus particulièrement les personnes qui ont grandement aidé à améliorer l'ébauche du présent document. Il s'agit de R.J.H. Richardson, *Alberta Research Council*, W.E. Kilby, *B.C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources*, A. Romaniuk, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, B. McKinstry et H.G. Rushton, *Crows Nest Resources Ltd.*, A. Darragh, Énergie, Mines et Ressources Canada, R. Marsh, R.G. Paterson et R. Ventor, Commission chargée de l'économie des ressources énergétiques, K.A. Komenac et C.J. McKenny, *Fording Coal Ltd.*, A. Desbarats et G.G. Smith, Commission géologique du Canada, P.S.W. Graham, *Manalta Coal Ltd.*, I.R. Muirhead, *Monenco Consultants Ltd.*, et D.J. MacNeil, *Nova Scotia Department of Mines and Energy*. Le texte original a été modifié considérablement pour tenir compte des nombreux conseils et commentaires reçus. Il reste toutefois des sujets sur lesquels persistent des désaccords, mais tous les points de vues ne peuvent figurer dans un même rapport. Les auteurs assument entièrement la responsabilité du contenu du présent document.

BIBLIOGRAPHIE

American Society for Testing of Materials

1986: **Annual book of A.S.T.M. standards; part 26 - Gaseous fuels, coal and coke**; American Society for Testing of Materials, Philadelphie, 565 p.

Bielenstein, H.U., Chrismas, L.P., Latour, B.A. et Tibbetts, T.E.

1979: **Ressources et réserves houillères du Canada**; Énergie, Mines et Ressources Canada, Rapport ER 79-9, Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, Canada, 37 p.

Clark, I.

1979: **Practical Geostatistics**; Applied Science Publishers, London, 129 p.

Hughes, J.D.

1984: **Geology and depositional setting of the Late Cretaceous, upper Bearpaw and lower Horseshoe Canyon formations in the Dodds-Round Hill Coalfield of central Alberta - a computer-based study of closely-spaced exploration data**; Commission géologique du Canada, Bulletin 361, 81 p.

Journel, A.G. et Huijbregts, Ch.J.

1978: **Mining Geostatistics**; Academic Press, New York, 600 p.

McCabe, P.J., Strobl, R.S., MacDonald, D.E., Nurkowski, J.R. et Bosman, A.

sous presse: **An evaluation of the coal resources of the Horseshoe Canyon Formation and laterally equivalent strata**; Alberta Research Council, Dossier public.

Rahmani, R.A.

1981: Facies relationships and paleo-environments of a Late Cretaceous tide-dominated delta, Drumheller, Alberta. In: **Field guide to geology and mineral deposits**; Réunion annuelle AGC-AMC, Calgary, mai 1981, pp. 159 à 176.

Richardson, R.J.H., Strobl, R.S., MacDonald, D.E., Nurkowski, J.R., McCabe, P.J. et Bosman, A.

1988: **An evaluation of the coal resources of the Ardley coal zone, to a depth of 400 m, in the Alberta plains area**; Alberta Research Council, Dossier public.

Schopf, J.M.

1956: "A definition of coal", **Economic Geology**, vol. 51, N° 6, p. 521- 527.

Smith, G.G.

sous presse: "Theoretical estimations of **in situ** bulk density of coal", **Canadian Institute of Mining Bulletin**.

Wood, G.H.Jr., Kehn, T.M., Carter, M.D. et Culbertson, W.C.

1983: **Coal resource classification system of the U.S. Geological Survey**; Geological Survey Circular 891, 65 p.

ANNEXE

Classification du charbon par rang (selon l' ASTM, 1986)

Catégorie	Groupe	Pourcentage de carbone fixe à l'état sec et exempt de matières minérales		Pourcentage de matières volatiles à l'état sec et exempt de matières minérales		Pouvoir calorifique supérieur en MJ/kg à l'état humide[A] et exempt de matières minérales		Propriétés agglomérantes
		≥	<	>	≤	≥	<	
I Anthracite	1. Méta-anthracite	98	-	-	2	-	-	Non agglomérant
	2. Anthracite	92	98	2	8	-	-	
	3. Semi-anthracite[B]	86	92	8	14	-	-	
II Bitumineux	1. Bitumineux peu volatil	78	86	14	22	-	-	Généralement agglomérant[D]
	2. Bitumineux moyennement volatil	69	78	22	31	-	-	
	3. Bitumineux A très volatil	-	69	31	-	32,56[C]	-	
	4. Bitumineux B très volatil	-	-	-	-	30,24[C]	32,56	
	5. Bitumineux C très volatil	-	-	-	-	26,75	30,24	
						24,42	26,75	Agglomérant
III Sub-bitumineux	1. Sub-bitumineux A	-	-	-	-	24,42	26,75	Non agglomérant
	2. Sub-bitumineux B	-	-	-	-	22,10	24,42	
		-	-	-	-	19,30	22,10	
IV Lignite	1. Lignite A	-	-	-	-	14,65	19,30	
	2. Lignite B	-	-	-	-	-	14,65	

[A] L'état humide comprend l'humidité inhérente naturelle du charbon mais exclut l'eau visible à la surface du charbon.

[B] Si le charbon est agglomérant, le classer dans les charbons bitumineux peu volatils.

[C] Les charbons contenant 69 % ou plus de carbone fixe, à l' état sec et exempt de matières minérales, devraient être classés en ne considérant que le carbone fixe, sans tenir compte du pouvoir calorifique supérieur.

[D] Il existe des charbons non agglomérants dans la catégorie des charbons bitumineux et des exceptions remarquables ont été observées dans les charbons bitumineux C très volatils.